ZUR KASUISTIK DER TÖDLICHEN ELEKTRISCHEN SCHÄDELVERLETZUNGEN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

ZAHNHEILKUNDE

DER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT

VON

ELISABETH GUBLER
AUS BASEL

SONDERABDRUCK AUS DER
„DEUTSCHEN ZEITSCHRIFT FÜR DIE GESAMTE GERICHTLICHE MEDIZIN", BD. 8

VERLAGSBUCHHANDLUNG JULIUS SPRINGER IN BERLIN. 1926

Von der Fakultät genehmigt auf Antrag von
Herrn Professor Dr. Schönberg

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548816_0052

Die durch elektrischen Strom bedingten Unfälle mit tödlichem Ausgang sind in den letzten Jahren entschieden häufiger geworden. Das erklärt sich trotz weitgehender Vorsichtsmaßregeln und besserer Belehrung der mit elektrischen Apparaten beschäftigten Arbeiter aus der starken Zunahme der Anwendung elektrischer Kraft in Industrie- und Verkehrsunternehmungen. Besonders die verhältnismäßig ungeschützten Leitungen des sehr hoch gespannten Stromes, der für die elektrische Traktion der Eisenbahnen nötig ist, bilden eine nicht zu unterschätzende Gefahr für das Bahnpersonal.

Es soll in dieser Arbeit ein plötzlicher Todesfall eines achtzehnjährigen Arbeiters beschrieben werden, der im August 1924 auf dem Bundesbahnhof in Basel an die Starkstromleitung geriet.

Wenngleich die tödlichen Schädelverletzungen in der Statistik der Unfälle durch elektrischen Strom gegenüber den Extremitätenverletzungen einen kleinern Raum einnehmen, sind sie für uns doch von besonderem Interesse wegen der unmittelbaren Nachbarschaft von Gehirn und Stromeintrittsstelle. Zwar weisen nach *D. Stadtmann* Schädelverletzungen durch elektrischen Strom keine höhere Mortalität auf als die übrigen Starkstromverletzungen; doch drängt sich in jedem Fall mit augenblicklich tödlichem Ausgang die Frage auf, ob die Mitleidenschaft des Gehirns nicht für den augenblicklichen Eintritt des Todes verantwortlich ist.

In der Literatur konnte ich elf Todesfälle bei Schädelverletzungen durch Starkstrom finden. Doch ist bei keinem einzigen dieser Fälle ein histologischer Befund des Gehirns angegeben.

Über einen Todesfall durch Starkstrom mit geringer Schädelverletzung berichtet *Ziemke*. Auf der linken Hinterhauptseite fand sich eine Versengung der Haupthaare, über der rechten Augenbraue eine brandwundenähnliche, bräunliche, kreisförmige Hautvertrocknung von zickzackartigem Verlauf. In der Umgebung dieser Stelle fanden sich mehrere punktartige Hautvertrocknungen ohne besondere Form; die Umgebung dieser Hautpartie war leicht rosarot gefärbt. Der Knochen war in diesem Falle nicht beteiligt. Eine bestehende Herzveränderung mag den

Eintritt des Todes mitbefördert haben. Gerade bei diesem Falle wäre eine mikroskopische Untersuchung des Gehirns wertvoll gewesen, um festzustellen, ob auch hier typische Zellveränderungen aufgetreten sind.

Strassmann berichtet über einen Fall mit fünfmarkstückgroßer Brandwunde am Hinterkopf, die zur Zerstörung der Oberhaut mit den Haaren an umschriebener Stelle, Einriß der Oberhaut, Blutungen auf und in der Lederhaut und zur Versengung der Härchen in der Umgebung geführt hat. Der Schädelknochen war auch in diesem Fall nicht beteiligt. Über den Befund am Gehirn wird nichts gesagt.

Ohne weitere Angaben über Hirnhäute und Gehirn steht ein Fall von *Wyss-v. Weydelich* mit deutlich gefranster Rißwunde mit klaffenden, von schwärzlichen Blutkrusten umsäumten Rändern in der rechten Stirn-Schläfengegend. Knochenläsionen fehlen.

Tiefere Wirkung zeigt ein weiterer Fall von *Wyss-v. Weydlich*. Es handelt sich um eine sog. sekundäre elektrische Verletzung: durch einen primären Stromkontakt an beiden Händen und darauf folgende Kontraktion der Armmuskeln stürzt der Verunfallte vornüber mit dem Kopf zwischen 2 senkrechte Leitern. Es ergaben sich zwei bis auf den Schädel gehende, stellenweise den Schädel verkohlende Brandwunden an beiden Schläfen, die vollständig parallel verliefen. Auch hier fehlen Angaben über die pathologisch-anatomischen Befunde an Schädelwunde und Gehirn.

Analog berichtete schon *Schumacher* über eine sekundäre elektrische Schädelverletzung, bei der am Schädel zu beiden Seiten symmetrisch auf der Scheitelgegend je eine kreissegmentförmige Brandwunde entstand. Die Schädelknochen lagen in großer Ausdehnung frei zutage, weißlich und spröde. Im übrigen waren die Wunden geschwärzt, verkohlt, mit krümeligen Kalkpartien bedeckt. An beiden Händen und Vorderarmen waren Verbrennungen verschiedenen Grades und verschiedener Tiefe als Zeichen des Stromaustrittes.

Gerlach veröffentlichte 1912 einen Fall von elektrischer Schädelverletzung mit sicherer Funkenwirkung. Tod erst auf dem Transport ins Spital. Bei der Sektion zeigte sich oberhalb des rechten Ohransatzes eine 10 : 6 cm große, birnenförmige Hautöffnung, deren Ränder leicht gewulstet, uneben, schwarz, wie verkohlt aussahen. In der Mitte dieser Hautöffnung war eine 2,5 : 3 cm große Öffnung des Knochens, deren Ränder uneben, scharfkantig, von schwarzer Farbe waren, die obersten Schichten verkohlt. In der Öffnung, die zum Teil mit schwarzem Blut gefüllt war, erkannte man die braune, anscheinend unverletzte harte Hirnhaut. An der Innenfläche des Schädeldaches war die Knochenöffnung von einem 2 cm breiten Saume eingetrockneten Blutes umgeben. Zwischen weicher und harter Haut lag schwarzes geronnenes Blut in 2 mm Dicke. In dünner Schicht setzte sich ein Erguß von rotem, flüssigem Blut zwischen Dura und Pia auf Hirnbasis und linke Hemisphäre fort. Das Hirn selbst war fest anzufühlen, seine Substanz trocken mit nur wenig Blutpunkten. Weiter war in der Schädelhöhle nichts von Bedeutung zu bemerken. Die Stromaustrittsstellen waren durch Hautdefekte von geringer Ausdehnung am rechten Vorderarm und linken Handrücken gekennzeichnet. Auch in diesem sonst ausführlich behandelten Fall ist nichts Genaueres über das Gehirn und über eine mikroskopische Untersuchung gesagt.

Sandrock berichtet 1912 über einen Fall von schwerer elektrischer Verbrennung der Kopfhaut mit Knochennekrose der beiden Scheitelbeine und Nekrose der Dura mater. Tod erst am Abend desselben Tages, ohne daß Patient das Bewußtsein wiedererlangt hätte. In der Mitte des Schädeldaches fand sich ein handtellergroßer Substanzverlust. Die Ränder des Weichteildefektes waren unregelmäßig, die Weichteile gerötet, hart, bröckelig, morsch. Teilweise fehlten die Haare mit scharfer Grenze gegen die behaarte Kopfhaut. Innerhalb des genannten

Weichteildefektes lag der Knochen frei vor. Am linken Os parietale fiel ein schwärzlicher Streifen auf, in dessen Bereich die Knochensubstanz verbrannt war und eine deutliche furchenartige Vertiefung aufwies; der Knochen war hier ganz morsch. In der Fortsetzung des Streifens fanden sich einige schwärzliche Fleckchen, entfernter dickeres, angetrocknetes Blut. Im übrigen war der Knochen weißlich, an den Rändern mehr grau. An der Innenfläche des Schädeldaches war durch weißliche Farbe die von außen freigelegte Knochenstelle deutlich markiert. In der Mitte haftete ein flaches Blutgerinnsel dem Schädeldache an. Die Dura war etwas gespannt; ungefähr in der Mitte bestand eine schmutzig grau bräunliche Verfärbung von trockener Beschaffenheit, umgrenzt von einer breiten hyperämischen Zone. Die Dura war nicht direkt verbrannt. Auch an der Innenfläche fand sich deutlich diese schmutzig bräunliche Verfärbung. Am hinteren Teile der linken 1. Zentralwindung war die Rinde verwaschen grau rötlich. In diesem Bereich fanden sich nicht ganz scharf begrenzte kleine Blutaustritte. Das ganze Gehirn war sehr succulent, die Rinde grau-rötlich. An den Stromaustrittsstellen am linken Handrücken, der rechten Hohlhand und am rechten Oberschenkel zeigten sich verschieden tiefe Verbrennungen.

Ohne bedeutende Einzelheiten berichtet *Schumacher* über einen weiteren Fall. Ein Tramangestellter wurde 2—4 Stunden nach dem Unfall im Kontakt mit der Oberleitung tot aufgefunden. Die linke Schläfengegend lag noch in Berührung mit einem Bolzen der Befestigungsstelle der Kontaktstange und war einschließlich Auge und Ohr bis auf den Knochen verkohlt. Stromaustritt durch die ebenfalls stark verbrannte rechte Hand.

Balthazard veröffentlichte einen Fall von Nekrose des Knochens in seiner ganzen Dicke. Die Haare der Kopfhaut fehlten. Die Ränder um den Weichteildefekt waren verkohlt und retrahiert, diejenigen des Knochendefektes verbrannt und geschwärzt. Vollständig intakt, aber hyperämisch war die Dura. Hauptsächlich im Bereich der Falx cerebri waren flächenhafte Meningealblutungen aufgetreten. Das Gehirn war makroskopisch vollständig intakt, ohne jede Hyperämie sowohl der weißen wie der grauen Substanz.

Reuter veröffentlichte 1916 und 1922 je einen Fall von tödlicher Schädelverletzung mit Bildung von „Knochenperlen". Die Obduktion des 1. Falles ergab folgendes: Im Bereich der rechten Schläfe-Scheitelgegend fehlte die Kopfhaut sowie der darunter liegende Knochen. Die Ränder des Defektes waren unregelmäßig geformt, verkohlt, die Haare in der Umgebung versengt. Die Schädeltafel war teilweise verkohlt und fühlte sich rauh an. Zwischen Haut und äußerer Tafel fanden sich mehrere blasenartige, weißliche Gebilde von derselben Beschaffenheit mit den am Boden der Unfallstelle gefundenen Gebilden aus phosphorsaurem Kalk, sog. Knochenperlen. Die Dura war zum größten Teile noch erhalten, gespannt, nach außen teils grau, teils graubraun mit 14 Durchlöcherungen im Bereiche des Knochendefektes. Zwischen Dura und Hirnrinde fanden sich kleine Durchlöcherungen. Aus der größten Durchlöcherung der Gehirnrinde und dem darunterliegenden Markanteile quoll die gequetschte und erweichte Gehirnsubstanz nach außen vor. Im übrigen war die Hirnsubstanz im Bereiche des Knochendefektes grauweiß, hart, brüchig, wie gekocht, anämisch. Auf Stromübergang wiesen außerdem ausgedehnte Verkohlungen des linken Ellenbogengelenkes und Verbrennung am rechten kleinen Zehenballen hin.

Mit seinem 2. Fall glaubt *Reuter* auf die Entstehung der Knochenperlen einiges Licht werfen zu können. Im elektrischen Lichtbogen werden durch besonders rasche Verdampfungen der in den spongiösen Teilen des Knochens enthaltenen Flüssigkeit die geschmolzenen Knochenpartien ausgedehnt bzw. gesprengt, wodurch die blasenartigen Gebilde entstehen. Es ließ sich nämlich ein fließender Übergang von der einfach calcinierten Diploe in die blasig veränderte

Knochensubstanz nachweisen. Für uns von größerem Interesse ist die Schädelwunde in der linken Schläfe-Scheitelgegend selbst, in deren Bereich die Haut vollständig fehlte. Die Kopfhaare der Umgebung waren versengt, die Ränder des Defektes zackig, gewulstet und verkohlt. Der Knochen von gelblich grauer bis gelbbrauner Farbe, war äußerst brüchig, teils verkohlt, teils deutlich calciniert; im Zentrum ein unregelmäßiger Substanzverlust. Die Dura war dem Knochendefekt entsprechend etwas breiter vom Schädelknochen abgelöst, der Raum dazwischen von Hirnbrei, verkohlten Knochenpartien und verkohltem Blut nicht ganz ausgefüllt. Die Dura selbst war in weiterem Ausmaß als der Knochen nekrotisch mit drei größeren, wie mit einem Locheisen ausgeschlagenen Löchern. Das Gehirn zeigte eine 2 cm in die Tiefe reichende Nekrose, sah oberflächlich schwarz aus, war in der Tiefe hart, brüchig, wie gekocht. In der Mitte des Rückens wies eine 7 cm lange, spezifisch elektrische Nekrose auf den Stromaustritt. *Reuter* legt in beiden Fällen das Gewicht auf die Knochenperlen und geht gar nicht weiter auf die Veränderungen im Gehirn ein.

Diese elf Fälle aus der Literatur weisen stufenweise Veränderungen von verschiedener Tiefe auf. Bei Knochendefekten kann man sicherlich auch einen Stromübergang auf das Gehirn und dort Veränderungen annehmen, die evtl. den Tod verursachen könnten. Bei den oberflächlichen Verletzungen dagegen mag die Todesursache dieselbe sein wie bei den minimalen Stromeintrittsmarken an irgend einer Hautstelle oder vollständig fehlenden Zeichen eines Stromüberganges bei sofort eintretendem Tod, da der größte Teil, wenn nicht der ganze Strom, eher jeden andern Weg nimmt als den durch den Knochen, der von allen Geweben im menschlichen Organismus den größten elektrischen Widerstand aufweist (*Jellinek*).

Bei einem Überblick über die bis jetzt veröffentlichten Fälle ist die Ausführlichkeit, mit der die *Hautveränderungen* besonders der Stromeintritts-, aber auch der Stromaustrittsstelle beschrieben werden, auffallend. Dies liegt wohl daran, daß beim Augenschein gerade diese Hautveränderungen ein besonders in die Augen springendes Merkmal der durch Starkstrom verursachten Verletzungen sind und zudem bei der Sektion der tödlich verlaufenen Fälle andere anatomische Veränderungen gänzlich im Hintergrunde stehen oder scheinbar überhaupt fehlen.

Die Mannigfaltigkeit der Veränderungen, die die Haut unter Einwirkungen elektrischen Starkstromes aufweist, ist besonders von *Jellinek* kritisch beschrieben worden. Während er noch 1907 eine Reihe der Schwere nach abgestufter Bilder unterscheidet, hebt er 1918 als besonders eigenartig folgenden Befund hervor, der allerdings nur in beschränktem Maße zu gelten hat: Zumeist flache, punkt- oder streifenförmige Erhebungen der Epidermis, die daselbst ihr normales Kolorit verloren hat und bleichweiß oder graugelblich aussieht; in der Mitte einer solchen Prominenz findet sich oft eine rundliche oder lineare Einkerbung, deren Grund und Ränder zumeist grauschwarz verändert sind. Diese Veränderungen lassen sich zuweilen bis in die Cutis verfolgen.

Das mikroskopische Bild der Hautveränderungen nach Starkstromeinwirkung wurde besonders eingehend von *Schridde*, seinen Schülern und *Mierement* studiert. *Schridde* beschreibt wabenartige Höhlenbildungen im Epithel, die er als Hitzewaben bezeichnet, und Hitzespalten im Bindegewebe des Corium, sowie büschelförmige Anordnung der zu übertrieben in die Länge gezogenen Gebilden umgewandelten Basalzellen. *Jellinek* betont besonders das Abflachen der Cutispapillen und damit der Wellenlinie zwischen Rete Malpighii und Cutis, die sich stellenweise der Geraden nähert. *Mierement* fand Verbreiterung und Zusammenklebung der kollagenen Fasern und Bündel des Hautbindegewebes, das eine größere Dichte bekommen hat, Homogenisierung der Epidermis mit Höhlenbildung in derselben und Abhebung der Oberhaut von der Bindegewebsunterlage.

Im Gegensatz zu den ausführlichen Beschreibungen der Hautveränderung sind die anatomischen Veränderungen des *Gehirns* nach elektrischen Verletzungen mit tödlichem Ausgang bisher nur von wenigen Autoren studiert worden. *Corrado* sah nach Experimenten am Hund an den Nervenzellen des Gehirns Kontinuitätstrennungen des Zellkörpers, Chromatolyse, starke Vakuolisation, Kernveränderungen, Dislokation des Nucleolus und Gasblasen im Gewebe. *Kratter* fand die gangliären Elemente normal, dagegen kleine perivaskuläre Blutextravasate nur an der Peripherie oder nahe der Oberfläche, niemals in der Tiefe. *Jellinek* untersuchte am menschlichen Nervensystem. Er fand an frischen Veränderungen mikroskopische Blutaustritte in der Rindengegend, meist an der Grenze von grauer und weißer Substanz; oft war dabei ein rupturiertes Gefäß zu finden. Die Ganglienzellen waren von den Blutungen manchmal verdeckt, oft aber auch zertrümmert oder deformiert; die Zellkonturen waren hie und da undeutlich geworden, die Tinktionsfähigkeit dagegen blieb unverändert. Die Zellkerne waren an der Peripherie verdrängt; ein Bild zeigte den Zellkern wie aus der Zelle herausgeworfen.

Kawamura fand in verschiedenen Teilen der Hirnrinde, in Pons und Medulla oblongata Gefäßzerreißungen, Blutungen in das Parenchym, Homogenisierung des Inhalts der Blutgefäße, Veränderungen der Ganglienzellen, Kern randständig, die Zellwand vorbauchend, zentrale Homogenisation mit Tigroidverlust.

Die Unklarheit in der Frage, welche Rolle den Hirnveränderungen beim Tode durch Elektrizität, insbesondere bei Stromeintritt am Schädel, zukommt, ließ es als wünschenswert erachten, einen in seiner Genese möglichst klarliegenden Fall auf anatomische Veränderungen im nervösen Zentralorgan zu untersuchen. Der folgende Fall entspricht diesen Voraussetzungen in weitgehendem Maße und ist wegen seiner auffallenden und merkwürdigen Strommarken an der Haut zugleich geeignet, zum Vergleich mit den oben erwähnten Fällen herbeigezogen zu werden.

Am 2. VIII. 1924 verunglückte der 18jährige Küchenbursche der Internationalen Speisewagengesellschaft A. G. tödlich, indem er mit der Starkstromleitung der S. B. B. in Berührung kam. Nach Aussagen des einzigen Augenzeugen wollte der Verunglückte auf dem Dache des Speisewagens das Wasserreservoir auffüllen und kam dabei in Berührung mit der Starkstromleitung.

Abb. 1. Totalansicht der Leiche. Stromaustrittsstellen am rechten Bein.

D. wurde vom Dache geschleudert und war sofort tot. Künstliche Atmung zur Wiederbelebung wurde nicht ausgeführt.

Die Sektion ergab folgendes: Mittelgroße männliche Leiche von geringem Ernährungszustand, grazil. Totenstarre überall gleichstark ausgebildet. Livores undeutlich. Stirne gerötet, mit zahlreichen punkt- oder flächenförmigen Excoriationen. Die Haut über der ganzen Brust, dem Bauch, auf den Oberschenkel übergehend, am Rücken, besonders über dem linken Schulterblatt ist trocken, braun, pergamentartig, excoriiert. An beiden Armen, besonders rechts, einzelne unregelmäßige, trockene, braune Excoriationen. Die Haut am rechten Oberschenkel vorn und an beiden Seiten, ebenso an der oberen Hälfte des Unterschenkels ist bräunlich verfärbt. Hier finden sich zahlreiche 1—$1^1/_2$ cm, vereinzelt bis 3 cm große ovale, unregelmäßig geformte, scharf begrenzte, wie mit einem Stempel eingedrückte, unter das Niveau der Haut eingesunkene trockene Herde von brauner bis grauer Farbe mit schmalem, braunschwarzem Saum. Die zwischen den Herden gelegene Haut ist klein gefältelt; die kleinen Furchen sind braun gefärbt. Die ganze Partie ist vollkommen haarlos. An der Außenseite des rechten Oberschenkels in der Trochantergegend befinden sich zahlreiche scharf begrenzte, vollkommen unregelmäßige, 1—3 cm große helle, glatte Defekte der Oberhaut, dazwischen braune Verfärbungen der sich stellenweise lösenden obersten Epidermisschichten. Am rechten Fußgelenk dorsal ausgedehnte unregelmäßige Excoriationen. Am Schädel oben fällt eine unregelmäßige 13 : 11 cm große, von

Abb. 2. Stromeintrittsstelle am Kopfe.

Haaren entblößte Stelle auf, mit weißer Haut, scharf gegen die behaarte Kopfhaut begrenzt. Am Rande der kahlen Fläche stehen weißliche Membranen der obersten Epidermisschichten von der Haut ab und sehen wie an den Haaren der Umgebung emporgeschoben aus. Die Haare gegen das linke Ohr hin sind versengt. In der Mitte des enthaarten Bezirks besteht ein 4 : 2 cm großer, unregelmäßiger, bis auf den Knochen reichender Hautdefekt mit ausgerissenen Rändern. Nach vorn reicht der Hautdefekt oberflächlich etwas weiter. In der nächsten Umgebung des Defektes nach vorn und nach rechts ragen aus schmutzig braun bis schwarz verfärbter Haut kurze Haarreste hervor. Der im Hautdefekt sichtbare Knochen ist ganz weiß, trüb, trocken, matt, mit einer gelblich verfärbten zackigen Rißlinie, die der Pfeilnaht entspricht. Die Innenfläche des Knochens ist unter der Stelle des Hautdefektes mit etwas geronnenem, trockenem Blut bedeckt. Die braune Verfärbung des Knochendefektes ist innen deutlicher. Die Scheitelbeininnenfläche ist in einer Ausdehnung von 4 : 1 cm grauweiß und trübe. Darin sind mehrere kleine, teils rundliche, teils unregelmäßig begrenzte Herdchen von trüb grau gelblicher bis brauner Farbe zu sehen. Die Dura ist über den beiden Parietallappen leicht rötlich verfärbt, sonst blaß, ihre Gefäße sind von mittlerem Blutgehalt. Am linken Cuneus unter den weichen Häuten eine unregelmäßige, $^1/_2$: 1 cm große Blutung, die in einer Ausdehnung von ca. 1 cm auf die Rinde übergeht. Am Hinterhaupt links seitlich eine zweite kleinere Blutung. Das Gehirn ist feucht, blutreich, makroskopisch ohne Veränderung.

Abb. 3. Hautpartien vom rechten Oberschenkel.

Das Herz ist in Totenstarre, in Systole, kräftig entwickelt. Klappen und Gefäße o. B. Muskel von mittlerer Dicke und unveränderter Farbe; Herzblut flüssig, hochrot. Milz groß, blutreich, ihre Follikel groß. Thymus $^3/_4$ cm.

Die Lungen sind groß, lufthaltig, ödematös. Besonders im linken Oberlappen ausgedehnte Blutungen ins Gewebe und subpleural. Rechts subpleural vereinzelte kleine Blutungen.

Spektroskopisch: kein CO-Hb.

Diagnose: Starkstromverletzung des Schädels und Gehirns. Fractura cranii Verbrennung 2. und 3. Grades. Verbrennungshämatom am Schädel, Butungen in die Lunge.

Zur *mikroskopischen* Untersuchung gelangte: Gehirn, Herz, Leber, Niere und Haut.

Von den **Hirnschnitten** wurden untersucht: die Partien unterhalb der Knochennekrose und der Umgebung längs der Fissura longitudinalis, Schnitte durch den linken Cuneus und die Medulla oblongata. Die feinsten Strukturen der Nervenzellen wie Tigroid konnten leider nicht nachgewiesen werden, weil das Präparat gleich nach der Sektion in Formalin eingelegt wurde und liegen blieb. Die Veränderungen an den verschiedenen Stellen des Gehirns wiesen keine wesentlichen Unterschiede auf mit Ausnahme des linken Cuneus, wo Blutungen ins Gewebe, aber keine Zellveränderungen gefunden wurden.

Die Gewebsveränderungen am Gehirn, die im Mikroskop zu erkennen waren, haben in Schnitten aus verschiedenen Gegenden einen eigenen Charakter.

Die mikroskopischen Präparate waren in Formol gehärtet, in Paraffin eingebettet und wurden nach den üblichen Methoden mit Hämatoxylin-Eosin, nach van Gieson, mit Alaun-Carmin und Kresylviolett gefärbt.

1. Gehirn links und rechts unterhalb der Knochennekrose neben der Falx.

Leptomeninx: Zart, ohne Auflagerungen, ohne Blutungen und Zellveränderungen, Gefäße von mittlerer Weite und mittlerem Blutgehalt.

Hirnrinde: Scharfe Zeichnung, mäßige Auflockerung der Glia. Zellkerne gut und deutlich gefärbt, ganz vereinzelt Vakuolisation und Kernwandstellung in Pyramidenzellen. Gefäße mittelweit, bluthaltig, Erythrocyten gut erhalten. Auf keinem Schnitt sind Blutungen in die Gehirnsubstanz oder perivasculär zu finden.

Hirnmark: Deutliche Zeichnung der Zellkerne und Nervenfasern, Auflockerung mäßigen Grades des gliären Systems.

2. Gegend des linken Cuneus.

Leptomeninx: von leicht verwaschener Zeichnung, Zellkerne jedoch deutlich gefärbt. Gefäße teils mittelweit, bluthaltig, teils kollabiert. Geringer Blutaustritt in die Arachnoidea.

Rinde: Organzeichnung scharf und deutlich. Kerne durchweg gut gefärbt, selbst in unmittelbarer Nähe der ganz kleinen Blutextravasate, die im übrigen oberflächlich und nur in nahem Anschluß an rupturierte Gefäßchen liegen, Nerven und Gliazellen deutlich gezeichnet, Kerne gleichmäßig gefärbt,

Mark: Kerne gut gefärbt, Nervenfasern zart. Gefäße mittelweit mit erhaltenen Erythrocyten. Keine Blutungen.

3. Medulla oblongata.

Leptomeninx: Soweit vom Schnitt getroffen zart mit scharfer Kernfärbung und erhaltenen mittelweiten Gefäßen.

Substanz: Die Pyramidenzellen weisen auf verschiedenen Schnitten und an verschiedenen Stellen bemerkenswerte Veränderungen auf: Aufhellung bis Vakuolisation des Zelleibes, Wandstellung des Kernes, der gegen den langen Fortsatz hin verdrängt erscheint. Aufhellung im Kern, Aufsplitterung des Kernes und Wandstellung der Kernfragmente. Organzeichnung im übrigen deutlich. Glia geringgradig aufgelockert. Gefäße mittelweit. Erythrocyten erhalten. Keine Blutungen.

Kontrollpräparate von einem anderen Gehirn, mit denselben Konservierungs- und Färbemethoden behandelt, ließen die in der Medulla oblongata des durch Elektrizität Verunglückten gefundenen auffälligen Veränderungen an Ganglienzellen durchweg vermissen.

Schnitte durch das Herz: Das Fibrillengefüge des Herzmuskels ist auffallend locker. In Bezirken von längs und schräg getroffenen Fibrillen lassen sich auffallend lange, meist annähernd gerade, zwischen und teilweise auch durch die Fibrillen verlaufende Risse erkennen, die sicher nicht an den Gefäßverlauf gebunden sind. An wenigen Stellen fehlt die Querstreifung der Muskelfasern, deren Protoplasma schollige Struktur aufweist. Die Blutgefäße scheinen mäßig gefüllt. Blutaustritte konnten auf keinem Schnitte gefunden werden. — Ein ähnlicher Befund ist auch von *Kawamura* erhoben worden.

Die mikroskopische Untersuchung von **Leber** und **Nieren** ergab keinerlei pathologische Befunde.

Schnitte durch die Haut: Die mikroskopische Untersuchung der durch den elektrischen Strom veränderten Haut wurde besonders mit Rücksicht auf den eigenartigen und bisher noch nicht beschriebenen makroskopischen Befund genauer durchgeführt.

Die *erste* Schnittserie entstammt der Hautpartie über dem Trochanter. Der mikroskopische Befund war folgender: Epithel homogenisiert, Kernzeichnung aufgehoben, Papillen abgeflacht. Epidermis zum Teil in toto vom Corium abgehoben, zum Teil vollkommener Epitheldefekt bis aufs Corium. Die feinen abgeschilferten Lamellen des Stratum corneum sind in zarter Zeichnung zu erkennen, so daß eine grob thermische Verkohlung unwahrscheinlich ist. Fasern des Corium gequollen, Faserverband etwas gelockert, Zellkerne gut gefärbt.

Die *zweite* Schnittserie, von der Haut des Oberschenkels, unterschied sich von der ersten mikroskopisch nicht wesentlich: Epidermis auf weite Strecken vom Corium abgehoben, strukturlos, Hornlamellen wellenartig abgehoben. Unmittelbar neben einem totalen Epidermisdefekt lassen sich körnig-schollige dunkelgefärbte Massen erkennen, die wohl als Epidermistrümmer anzusprechen sind. Coriumpapillen undeutlich, abgeflacht. Eine zarte Fältelung der Haut wurde in den Schnitten quer getroffen, so daß der Schnitt eine Zeichnung wie vergröberte Papillen erhielt. Coriumfasern leicht gequollen, ihr Gefüge kaum gelockert.

Die von anderen Autoren gefundenen oben erwähnten Hitzewaben waren auf keinem unserer Schnitte zu finden.

Was den eben beschriebenen Fall von den bisher beobachteten Fällen unterscheidet, ist die merkwürdige, auffallend große elektrische Hautverbrennung am Oberschenkel. Das Unfallereignis, wie alle anderen Beobachtungen, lassen es als absolut sicher erscheinen, daß die Strommarken am Schädel den Stromeintritt, die am Oberschenkel den Stromaustritt bezeichnen. Somit muß mindestens ein Teil des hochgespannten Stromes das Gehirn, den übrigen Körper und somit alle lebenswichtigen Organe durchflossen haben.

Wir fanden am Gehirn, besonders in der Medulla oblongata, mikroskopisch geringe Auflockerung der Glia, Aufhellung und Vakuolisation in Ganglienzellen, Wandständigkeit des Kerns, der gegen den langen Fortsatz der Ganglienzellen hin verdrängt liegt, Aufhellung und Zerfall des Kerns, aber nirgends Blutungen. Dies sind Befunde, wie sie *Jellinek* nach Tod durch elektrischen Strom überhaupt oder nach Tod durch Blitzschlag ohne direkte Leitung durch den Schädel an demselben Organ gefunden hat; nur fand er dabei regelmäßig mikroskopische Blutungen, die wir nirgends nachweisen konnten. Andere Veränderungen am Gehirn, die ausgesprochener auf Stromdurchtritt an dieser Stelle gewiesen hätten, waren nicht zu finden.

Daß die bisher beschriebenen Fälle von Schädelverletzungen mit tödlichem Ausgang genauere Angaben über die histologischen Befunde am Gehirn durchwegs vermissen lassen, mag seine Ursache in äußeren Gründen oder aber in der Tatsache haben, daß Flammenbogenwirkung oder langdauernder Kontakt mit der Stromquelle derart grobe Zerstörungen der Gehirnsubstanz zur Folge hatten, daß von einer mikroskopischen Untersuchung des Organs abgesehen werden konnte oder mußte.

Auch die Hautveränderungen im Gebiete des Stromaustritts unterschieden sich mikroskopisch, trotz der überaus auffälligen, in Ausdehnung und Anordnung eigenartigen makroskopischen Zerstörung, in ihrer Art

kaum von den Strommarken, die von *Jellinek*, *Schridde* u. a. beschrieben werden; Homogenisierung des Epithels, Abhebung vom Corium, totaler Epidermisdefekt, verkohlte Partien, abgeflachte Papillen zeigen die üblichen mikroskopischen Bilder der Strommarken. Unsere Schnitte lassen allerdings Hitzewaben und büschelförmige Anordnung in den Papillen nicht erkennen.

Die gefundenen Veränderungen am Herzmuskel sprechen dafür, daß auch das Herz vom Strom getroffen und beeinflußt wurde. Die Schnitte zeigen Lockerung des Fibrillengefüges, spaltförmige Kontinuitätstrennungen und schollige Struktur der Muskelfasern, ähnliche Bilder, wie sie *Kawamura*, aber stellenweise mit Blutungen vereint, beschreibt. In unseren Präparaten konnten Hämorrhagien nirgends gesehen werden.

Eine weitere auffällige Unfallfolge in unserem Falle bedeutete das Bersten der Pfeilnaht, eine Erscheinung, über die in der Literatur sonst nirgends berichtet wird. Dies muß wohl als eine Art Sprengwirkung durch den elektrischen Strom aufgefaßt werden. Erstens macht der Hergang des Unfalls einen Sturz direkt auf die Kuppenhöhe des Schädels unwahrscheinlich, und zweitens erwarten wir bei Fall auf den Schädel aus mittlerer Höhe einen anderen Verlauf der Bruchstellen im Sinne der typischen Frakturlinien bei Einwirkung der Gewalt von außen. Für eine eigentliche Sprengung des Schädeldaches durch elektrische Wirkung auf den Schädelinhalt spricht auch die Rötung der Dura unter der Knochennekrose und das Vorhandensein eines Verbrennungshämatoms.

Einzig die Blutung im Gebiete des linken Cuneus und der Leptomeninx über dieser Stelle muß wohl als Folge des Aufschlagens des Körpers auf die Erde angesehen werden. Der sofortige Eintritt des Todes machte eine größere Ausdehnung der meningealen und Hirnrindenblutung unmöglich.

Die im Protokoll der mikroskopischen Untersuchungen genau aufgeführten, auch früher schon von *Jellinek* und andern beschriebenen histopathologischen Befunde müssen noch gegen einen Einwand *Rodenwaldts* gestützt werden, der sie als Kunstprodukt durch zu langes Liegen des Präparates in Formalin oder flüssigem Paraffin erklärt. Systematisches Absuchen von Kontrollpräparaten, die unter den gleichen Bedingungen hergestellt waren, ließen die beschriebenen Zellveränderungen in keinem Falle erkennen.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß *Jellinek* seine frühere Ansicht, wonach der Tod durch Elektrizität auf Veränderungen im zentralen Nervensystem beruhe, aufgegeben hat: die kleinen Hämorrhagien und Zellveränderungen seien als anatomische Begleiterscheinung funktioneller Schädigungen aufzufassen. Letztere bewirken die Symptome und evtl. den Tod. Die anatomischen Veränderungen seien mehr sekundärer als primärer Art. Alle diese funktionellen Störungen seien im Grunde

rückbildungsfähig, wie die vielen Wiederbelebungserfolge bewiesen haben. Der elektrische Tod sei nur ein Scheintod. Von den individuellen und äußeren Umständen werde es abhängen, ob die Verfallsfrist an den Tod nur wenige Sekunden oder viele Minuten dauert. Gegen diese Auffassung könnte unser Fall keinen Gegenbeweis liefern.

Zusammenfassend sollen die auffälligsten und eigentümlichsten Zeichen dieses Falles von tödlicher elektrischer Schädelverletzung noch einmal aufgeführt und die sich daraus ergebenden Schlüsse gezogen werden.

Bei Eintritt am Schädel und Austritt am Oberschenkel eines 18jähr. Arbeiters verursachte der hochgespannte Strom der S. B. B. augenblickliche Tötung. Die hauptsächlichsten Verletzungszeichen waren äußerlich und bestanden in einem über handtellergroßen Defekt der Schädelweichteile unter Beschädigung des Knochens und außerordentlich ausgedehnten zerstörenden Strommarken am rechten Oberschenkel mit Flammenwirkung fast über den ganzen Stamm. Die Sektion ergab keine für den Tod durch Elektrizität charakteristischen Zeichen. Die mikroskopische Untersuchung von Gehirn, Herz und Haut ließ annähernd dieselben geringgradigen Veränderungen erkennen, die von anderen Autoren nach Tod durch Elektrizität oder Blitzschlag ohne direkte Leitung durch den Schädel gefunden wurden.

Eine feinere Diastase und Verfärbung in der Pfeilnaht kann nur als elektrische Sprengwirkung gedeutet werden, was durch Vorhandensein einer Duraverfärbung und eines intrakraniellen Verbrennungshämatoms gestützt wird.

Die Untersuchungsergebnisse über diesen Fall sprechen im Sinne der Ansichten derjenigen Autoren, die dem Gehirn eine besonders hervorragende Rolle beim Eintritt des Todes durch Elektrizität absprechen.

Literaturverzeichnis.

[1]) *Balthazard*, Electrocution par Courant de 10,000 Volts. Ann. de méd. lég. 1924, S. 73. — [2]) *Balthazard* et *Dervieux*, Deux nouveaux Cas d'Electrocution par la basse Tension. Ann. de méd. lég. 1924, S. 25. — [3]) *Beckmann*, Gewebsverbrennungen durch hohe Hitze. Klin. Wochenschr. 1923, Nr. 16, S. 743. — [4]) *Boruttau*, Der Mechanismus des Todes durch elektrischen Starkstrom und die Rettungsfrage. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, 3. Folge, **55**, H. 1, S. 1. 1918. — [5]) *Boruttau*, Der Tod durch elektrischen Starkstrom als Herztod. Eine Abwehr. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, III. Folge, **58**, H. 1, S. 91. 1919. — [6]) *Brandau*, Unfälle durch elektrische Starkströme unter besonderer Berücksichtigung der elektrischen Verbrennungen. Inaug.-Diss. Gießen 1919. — [7]) *Cordonnier* et *Champion*, Etude de la Résistance électrique du Corps humain. Ann. de méd. lég. 1924, S. 462. — [8]) *Eulenburg*, Über Nerven- und Geisteskrankheiten nach elektrischen Unfällen. Berl. klin. Wochenschr. 1905, Nr. 2, S. 30; Nr. 3, S. 68. — [9]) *Förster*, Ein Fall von Tetanus nach Starkstromverbrennung. Münch. med. Wochenschr. 1921, Nr. 51, S. 1655. — [10]) *Fürth*, Starkstromunfälle im Felde. Münch. med. Wochenschr. 1917, Nr. 28, S. 926. — [11]) *Gerlach*, Ein Fall von Verletzung des Schädelknochens durch elek-

trischen Starkstrom. Wien. med. Wochenschr. 1912, Nr. 49, S. 3214. — [12]) *Gildemeister*, Zur Lehre von der primären Schädigung des Herzens durch Starkströme. Klin. Wochenschr. 1922, Nr. 26, S. 1310. — [13]) *Gschwend*, Über Selbstmord durch elektrischen Starkstrom im allgemeinen, speziell über einen seltenen Fall von Selbstmordversuch durch elektrischen Starkstrom bei einem Kinde. Inaug.-Diss. Zürich 1913. — [14]) *Hanriot*, Deux Cas d'Electrocution par courants alternatifs de 130 et 100 Volts. Bull. de Chir. des Acc. du trav. Nov. 1923. in Ann. de méd. lég. 1924, S. 58. — [15]) *Hoche*, Über die nach elektrischen Entladungen auftretenden Neurosen. Ärztl. Sachverst.-Zeit. **7**, Nr. 18, S. 369. 1901. — [16]) *Jaeger*, Zur Kasuistik des Selbstmordes durch elektrischen Strom. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. **159**, 33. 1920. — [17]) *Jaeger*, Über Starkstromverletzungen. Schweiz. med. Wochenschr. 1921, Nr. 52, S. 1250. — [18]) *Jellinek*, Elektropathologie. Enke, Stuttgart 1903. — [19]) *Jellinek*, Pathologie, Therapie und Prophylaxe der elektrischen Unfälle. Dtsch. med. Wochenschr. 1907, Nr. 10, S. 374 und Nr. 11, S. 421. — [20]) *Jellinek*, Pathologie und Therapie der durch Elektrizität Verunglückten. Wien. klin. Wochenschr. 1908, Nr. 50, S. 1727. — [21]) *Jellinek*, Atlas der Elektropathologie. Wien u. Berlin 1909. — [22]) *Jellinek*, Die Eigenart der elektrischen Verletzung und ihre ärztliche Wertung. Wien. klin. Wochenschr. 1918, Nr. 44, S. 1174 und Nr. 45, S. 1207. — [23]) *Jellinek*, Die Rekonstruktion der Entstehungsweise des elektrischen Unfalles. Beitr. z. gerichtl. Med. **11**, 174. 1914. — [24]) *Jellinek*, Der Mechanismus des Todes durch elektrischen Starkstrom und die Rettungsfrage. (Eine Erwiderung auf Boruttaus gleichnamigen Aufsatz.) Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, III. Folge, **56**, H. 2, S. 221. 1918. — [25]) *Jellinek*, Zur Pathologie der elektrischen Strommarken. Wien. klin. Wochenschr. 1921, Nr. 20, S. 239. — [26]) *Jellinek*, Die äußere Form der elektrischen Strommarke. Dtsch. Zeitschr. f. d. ges. gerichtl. Med. **1**, 596. 1922. — [27]) *Jellinek*, Elektrisches Trauma und Gravidität. Beitr. z. gerichtl. Med. **6**, 29. 1924. — [28]) *Jellinek*, Der elektrische Unfall. Deuticke, Leipzig u. Wien 1925. — [29]) *Jessen*, Zur Kenntnis der Starkstromverletzungen. Münch. med. Wochenschr. 1902, Nr. 5, S. 182. — [30]) *Kawamura*, Elektropathologische Histologie. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **231**, 570. 1921. — [31]) *Kübler*, Über elektrische Verbrennungen. Inaug.-Diss. Straßburg 1912. — [32]) *Langer*, Über Schädelverletzungen durch elektrischen Starkstrom. Inaug.-Diss. Leipzig 1914. — [33]) *Meixner*, Zur Frage des Todes durch elektrischen Strom. Wien. klin. Wochenschr. 1922, Nr. 28, S. 619. — [34]) *Mieremet*, Hautveränderungen durch Einwirkung des elektrischen Stromes, ihre differentialdiagnostische Bedeutung und ihr histologisches Bild. Klin. Wochenschr. 1923, Nr. 29, S. 1362. — [35]) *Neureiter*, Die Rolle der Disposition beim plötzlichen Tod nach elektrischem Trauma. Beitr. z. gerichtl. Med. **5**, 119. 1922. — [36]) *Oberst*, Über Verletzungen durch den elektrischen Strom. Münch. med. Wochenschr. 1909, Nr. 26, S. 1320. — [37]) *Pietrusky*, Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung mittel- und hochgespannter elektrischer Ströme auf den lebenden Körper. Dtsch. Zeitschr. f. d. ges. gerichtl. Med. **6**, H. 5, S. 535. 1925. — [38]) *Raebiger*, Zur Kasuistik der Nervenkrankheiten nach elektrischem Trauma. Dtsch. med. Wochenschr. 1905, Nr. 22, S. 866. — [39]) *Reuter*, Tod durch elektrischen Starkstrom. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, III. Folge, **52**, H. 2, S. 180. 1916. — [40]) *Reuter*, Ein weiterer Fall von tödlicher Starkstromverletzung des Schädels. Dtsch. Zeitschr. f. d. ges. gerichtl. Med. **1**, 362. 1922. — [41]) *Riehl*, Die Spuren des elektrischen Starkstroms in der Haut. Münch. med. Wochenschr. 1923, Nr. 34/35, S. 1119. — [42]) *Risel*, Verbrennung von Schädel, Dura mater und Gehirn durch elektrischen Strom. Dtsch. med. Wochenschr. 1912, Nr. 50, S. 2389. — [43]) *Rodenwaldt*, Über Verletzungen durch elektrische Starkströme vom gerichtsärztlichen Standpunkte. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, III. Folge, **37**, H. 1, S. 35.

1909. — [44]) *Sandrock*, Ein Fall von elektrischer Starkstromverletzung mit tödlichem Ausgang. Münch. med. Wochenschr. 1912, Nr. 48, S. 2618. — [45]) *Schridde*, Die elektrischen Strommarken der Haut. Zentralbl. f. allg. Pathol. u. pathol. Anat. **32**, Nr. 14, S. 369. 1922. — [46]) *Schridde*, Hautverbrennungen durch hohe Hitze. Klin. Wochenschr. 1922, Nr. 52, S. 2563. — [47]) *Schridde*, Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung des elektrischen Stromes auf die menschliche Haut. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **252**, H. 2/3, S. 774. 1924. — [48]) *Schridde*, Der elektrische Stromtod. Klin. Wochenschr. 1925, Nr. 45, S. 2143. — [49]) *Schumacher*, Unfälle durch elektrische Starkströme. Eine klinische und gerichtlich-medizinische Studie. Inaug.-Diss. Zürich 1908. — [50]) *Schwab*, Über die Hirnveränderungen bei Sonnenstich. Schweiz. med. Wochenschr. **55**, Nr. 2. — [51]) *Sonnenburg* und *Tschmarke*, Die Verbrennungen und die Erfrierungen. Neue deutsche Chir. **17**. — [52]) *Stadtmann*, Ein Beitrag zur Kasuistik der elektrischen Schädelverletzungen. Inaug.-Diss. Zürich 1923. — [53]) *Strassmann*, Vier Todesfälle durch elektrischen Strom. Ärztl. Sachverst.-Zeit. 1925, Nr. 2, S. 15. — [54]) *Strebel*, Über die Dauer der Latenzzeit und Reifung bei dem durch Starkstrom verursachten grauen Star. Zur Pathogenese der Katarakt. Schweiz. med. Wochenschr. 1921, Nr. 30, S. 689. — [55]) *Strobl*, Ein nach einem 5000 Volt starken elektrischen Schlag geheilter Fall. Wien. med. Wochenschr. 1902, Nr. 38, S. 1808. (Referat.) — [56]) *Tölken*, Elektrische Starkstromverletzung. Dtsch. med. Wochenschr. 1913, Nr. 28, S. 1388. — [57]) *Trembur*, Über die Wirkung des elektrischen Hochspannungsstromes vom gerichtsärztlichen Standpunkt. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen, III. Folge, **36**, H. 2, S. 369. 1908. — [58]) *Wendriner*, Über Unfälle durch den elektrischen Starkstrom. Inaug.-Diss. Berlin 1905. — [59]) *Wyss-v. Weydlich*, Über die Voraussetzung der elektrischen Unfälle und deren Rekonstruktion, unter Berücksichtigung der rechtlichen Gesichtspunkte. Inaug.-Diss. Zürich 1912. — [60]) *Ziemke*, Todesfälle durch den elektrischen Strom und ihre Beziehungen zum Unfall. Monatsschr. f. Unfallheilk. u. Invalidenw. 1923, Nr. 5, S. 107; Nr. 6, S. 121.